

Aerotriangulação Digital

Aerotriangulação é a densificação de Pontos de Controle utilizados na correlação entre as imagens aéreas e o Sistema de Coordenadas do mapeamento, partindo de poucos pontos de coordenadas conhecidas nos dois Sistemas (foto e terreno). O objetivo da aerotriangulação é orientar as imagens captadas de modo que qualquer ponto pesquisado nas imagens possua uma coordenada relacionada a um sistema previamente definido.

O desenvolvimento dos processos de aerotriangulação representa um grande avanço nas técnicas fotogramétricas. A otimização dos processos e a evolução dos programas comerciais e não comerciais permitem uma melhora na qualidade, uma otimização de tempo e a racionalização de custos no processo da produção cartográfica.

A introdução dos sistemas sensores lineares fez com que novas atividades fossem inseridas ou alteradas neste processo de produção. Estes sistemas trazem, dentre várias vantagens, um ganho na qualidade radiométrica, a eliminação do processamento de laboratório e de escanerização, possibilidade de aquisição de imagens multi-espectrais e de modelos estereoscópicos contínuos ao longo de toda a faixa voada. Por outro lado, o manuseio dos dados exige recursos computacionais avançados, principalmente capacidade de processamento e armazenamento.

O sensor ADS40 (Airborne Digital Sensor) é um Sensor Digital Linear de alta resolução geométrica e radiométrica desenvolvido pela Leica Geosystems. O sensor ADS40 trabalha com CCDs (Charged Coupled Device) lineares, com tamanho de pixel na imagem de 6,5 IJm. Tratando-se de um sensor linear, a imagem é capturada à medida que a aeronave percorre o terreno, produzindo faixas de imagens com perspectiva distintas. Adquirido em 2006 pela ESTEIO, este sensor vem mostrando diversas vantagens no processo de produção cartográfica.

A execução do voo aerofotogramétrico digital apresenta um controle mais rígido executado diretamente pelo sensor, durante o próprio voo. O programa a bordo deste controla o correto posicionamento da aeronave durante a execução da faixa. Caso seja verificada a existência de deriva ou variações na altura e velocidade do voo, automaticamente é cancelada a gravação das imagens. A constelação de satélites, os valores de PDOP e VDOP também são monitorados durante o voo de modo a garantir a qualidade dos dados GPS/IMU para o posterior processamento das imagens.

Durante a execução do voo dados de GPS e IMU são gravados no sistema de armazenamento da câmara. Esses dados devem ser pós-processados, com o uso opcional de uma Estação de Base. Este processamento produz uma posição precisa e uma atitude para cada uma das linhas imageadas.

Os dados de GPS são gravados no sistema WGS84 (World Geodetic System of 1984). O sistema GPS fornece a posição da antena da aeronave. O sistema IMU fornece a alteração de posição e atitude do sensor ADS40. Este sistema está rigidamente conectado ao plano focal e ao sistema de lentes do sensor ADS40. O sistema IMU registra posições e atitudes do sensor em alta frequência, porém de forma relativa. Estas posições são geradas de forma muito precisa, mas por um curto período de tempo e são corrigidas pelas posições GPS (Figura 01).

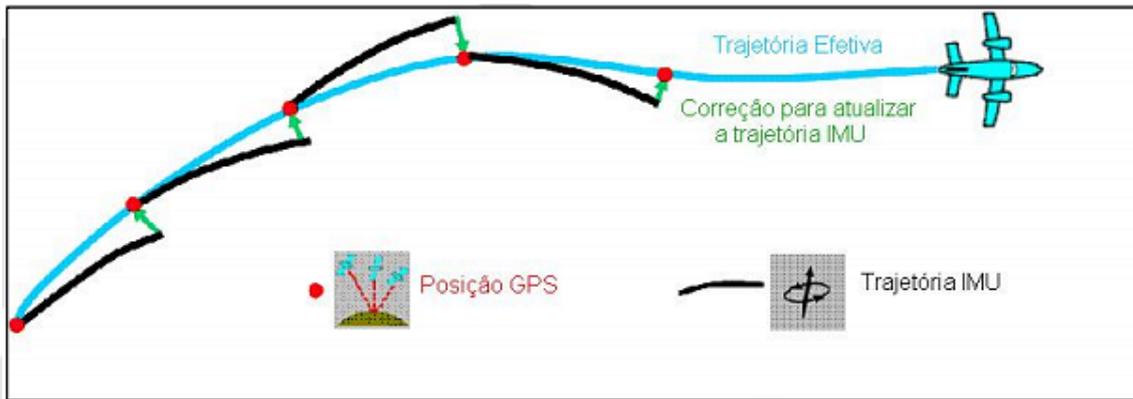


Figura 01: Trajetória da aeronave.

Fonte: Leica

Após o processamento dos Dados GPS/IMU as imagens passam pela fase de retificação. A fase de retificação (imagens L1) consiste em corrigir as imagens dos movimentos realizados pelo sensor durante o voo (roll, pitch e heading). As imagens são projetadas a um plano definido pela elevação média do terreno da área mapeada. A retificação L1 é realizada através de arquivos de posicionamento, atitude, e uma simplificação da orientação interior. Todos esses dados são oriundos do processamento GPS/IMU.

Com a retificação, as imagens já estão orientadas e corrigidas dos movimentos realizados pela aeronave e podem ser visualizadas em estéreo. Para muitos trabalhos esta orientação já é suficiente. Para trabalhos que envolvam captação fotogramétrica e geração de ortofotos é necessário que as imagens passem pelo processo de aerotriangulação. A aerotriangulação é também utilizada para calibrar alguns parâmetros do sistema e em conjunto com pontos de controle fornece um melhor ajuste com o sistema de coordenadas de terreno utilizado. A aerotriangulação é feita com o programa ORIMA.

Para a triangulação de imagens geradas por um sensor linear é necessária a utilização de pelo menos três imagens diferentes obtidas pelo plano focal. Estas imagens devem estar posicionadas nas direções nadir, anterior e posterior, e o ângulo entre elas não pode ser igual. A figura a seguir mostra as imagens captadas pelo sensor ADS40 e que normalmente são utilizadas no processo de triangulação.

ESTEIO

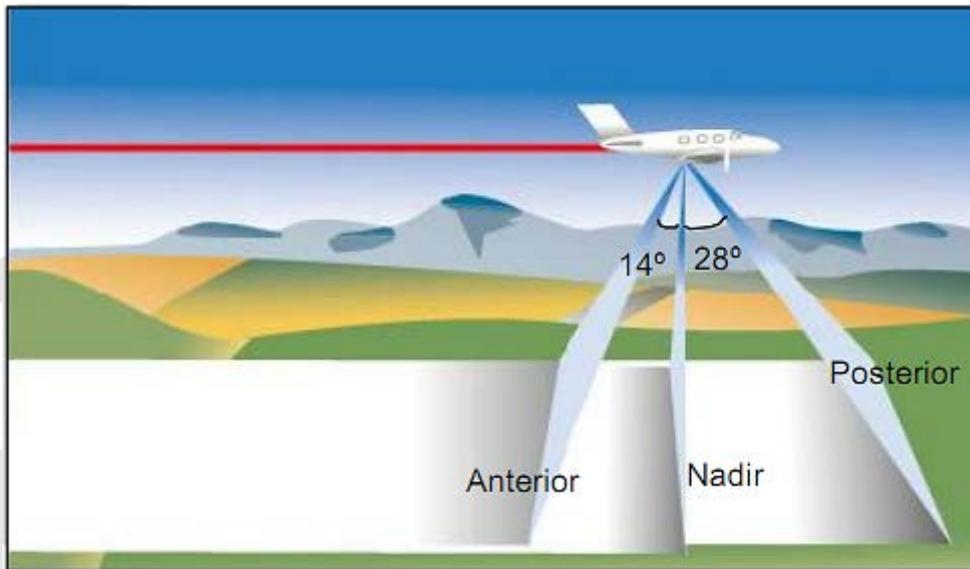


Figura 02: Imagens ADS40.
Fonte: Leica

OS dados de GPS e IMU adquiridos com altas taxas durante o imageamento do terreno fornecem posicionamento e atitude de forma contínua. Durante o processo de aerotriangulação, estes dados são ajustados pelo princípio do ajustamento de feixes perspectivas (bundle adjustment). Para isso são utilizadas "orientações de correção" em intervalos regulares ao longo da linha imageada (Figura 03).

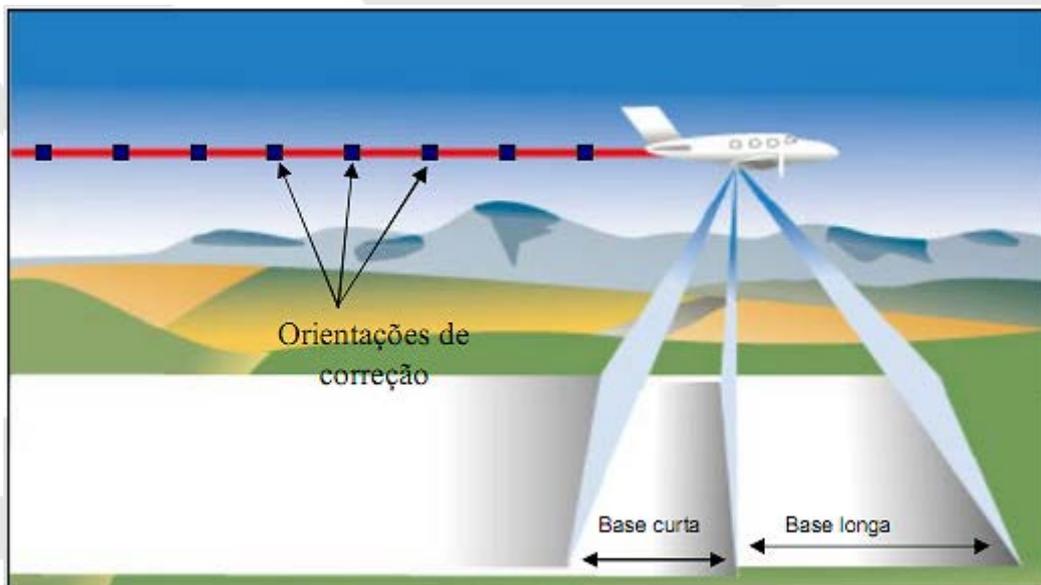


Figura 03: Orientações de correção.
Fonte: Leica

Uma orientação de correção é a orientação de sensor em um determinado momento. A distância entre duas orientações de correção deve ser menor do que a distância da base menor. Os seis parâmetros de orientação para cada uma das correções são calculados pelo processo de triangulação, sendo cada correção identificada pelo tempo. Cada uma das imagens que participa do processo de triangulação possui múltiplas orientações de correção (Figura 04). As orientações de correção são criadas automaticamente no início dos trabalhos com o programa ORIMA.

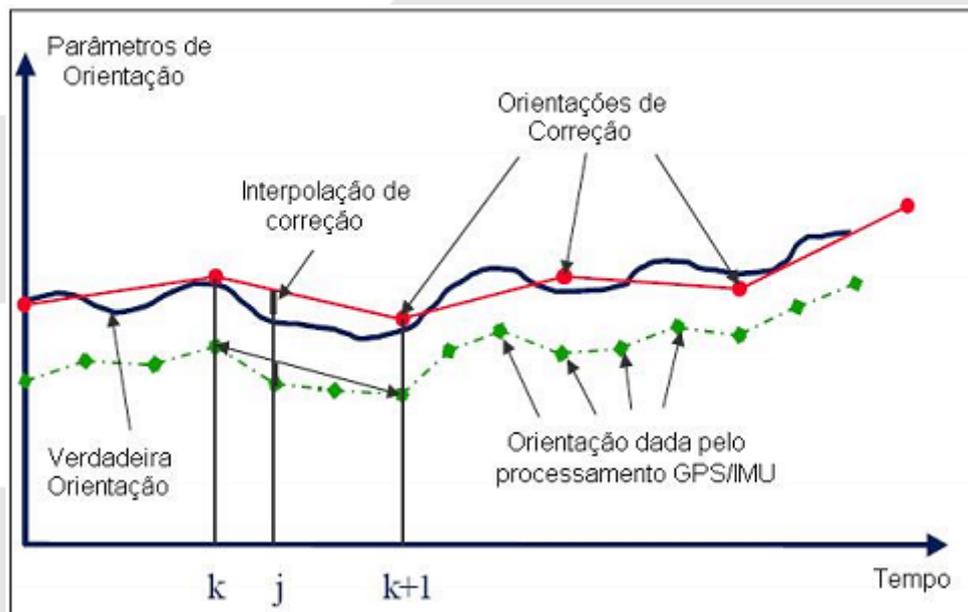


Figura 04: Orientações de correção e Orientações de GPS/IMU.
Fonte: Leica

A distribuição dos pontos de modelo depende da separação das orientações de correção. A quantidade de pontos e a distribuição destes é bastante similar ao utilizado nas triangulações com fotos (Figura 05).

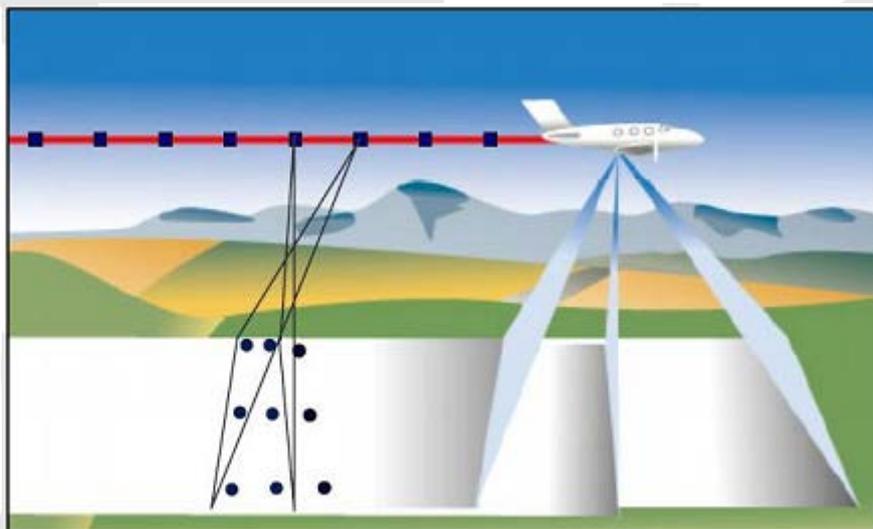


Figura 05: Pontos de modelos na imagens.
Fonte: Leica

A vantagem da utilização de imagens digitais é a alta resolução radiométrica e o posicionamento bastante preciso, que permite com que os pontos de modelo sejam lidos automaticamente por correlação de imagens. Isto trás uma redução de tempo considerável se comparada aos métodos convencionais de leitura de pontos de modelo em imagens não digitais.

Os pontos de controle são limitados a um mínimo necessário para a definição do datum, sendo estes posicionados nos cantos dos blocos. As faixas são geometricamente estáveis devido as informação do sistema GPS/IMU.

Após a medição dos pontos de modelo, que podem ser lidos manualmente ou automaticamente, os pontos de controle são identificados manualmente, de preferência em ambiente estéreo. Com isso o ajustamento pode ser realizado. Esta etapa é realizada através de um aplicativo chamado CAP-A, que funciona internamente ao ORIMA. Este programa inclui as funções de detecção e remoção de erros e resíduos (blunders) automaticamente.

A aerotriangulação pode ser executada tanto com imagens retificadas (L1) quanto com imagens originais (LO). Independente do nível da imagem utilizada na aerotriangulação, ambas as imagens estarão corrigidas, pois qualquer transformação aplicada a L1 será em tempo real atualizada na LO e vice-versa.

Referências:

Hinsken L., Miller S.B., Myint Y., Walker, AS., TRIANGULATION OF LH SYSTEMS' ADS40 IMAGERY USING ORIMA GPS/IMU.

Hinsken L., Miller S.B., Myint Y., Walker, AS., . Error analysis for digital triangulation with airborne GPS. Disponível com o programa Orima.

Sandau, R. et. ai. (2000). Design Principlies of the LH Systems ADS40 Airborne Digital Sensor. IAPRS, Vol. XXXIII, Amsterdam, 2000.

Tempelmann, U. et. ai.. Photogrammetric Software for the LH Systems ADS40 Airborne Digital Sensor) Int. Arch. of Photogrammetry and Remate Sensing.

Angela Kugler - Engenheira Cartógrafa, com especialização em Geoprocessamento e em Informática, responsável pelo processamentos com dados de Câmara Digital, Aerotriangulação e Geoprocessamento da empresa ESTEIO Engenharia e Aerolevantamentos S.A.

ESTEIO